

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-034376  
(43)Date of publication of application : 08.02.1994

(51)Int.Cl.

G01C 19/56  
G01D 5/34  
G01P 9/04

(21)Application number : 04-212203

(71)Applicant : MITSUTOYO CORP

(22)Date of filing : 16.07.1992

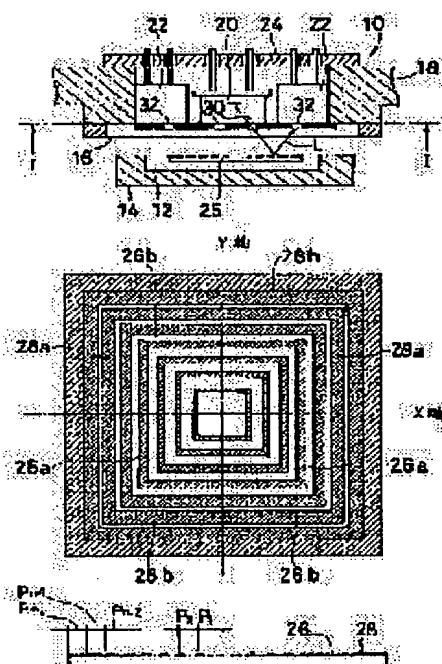
(72)Inventor : ISHIBASHI WATARU  
SUZUKI MIKO  
HORIKAWA TOSHIAKI  
ICHIKAWA SOJI

## (54) PHOTOELECTRIC ENCODER AND VIBRATORY GYROSCOPE USING IT

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To make sensing of X- and Y-direction displacement over a wide scope by furnishing a main scale with a striation lattice which consists of clear surfaces and reflex surfaces parallel with the X- and Y-axis and which differs in the ratio of the reflex surface at the pitch from the center to the outside.

**CONSTITUTION:** A main scale 12 is equipped with a striation lattice 25, which is formed with square reflex surfaces 28 and clear surfaces 26, repeated alternately, each consisting of two sets of parallel lines stretching in the X-axis and Y-axis directions. Therein one clear surface 26 and one reflex surface 28 constitute one pattern, and the pattern pitch is made constant, and the share of the reflex surface 28 is increased at a constant rate from the inside to outside. Accordingly the pitch width and the share of reflex surfaces 28 either incremental or decremental are adjusted, and the light receiving amount of a light receiving element 20 changes in compliance with this value of share according to the displacement amount, which enables displacement sensing using analog signals having a large dynamic range, and thus an inexpensive photoelectric encoder is obtained which is structured with simple circuit constitution, presents high sensitivity and high precision.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.1999  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-34376

(43)公開日 平成6年(1994)2月8日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 C 19/56		6964-2F		
G 0 1 D 5/34	D	7269-2F		
G 0 1 P 9/04				

審査請求 未請求 請求項の数2(全12頁)

(21)出願番号 特願平4-212203

(22)出願日 平成4年(1992)7月16日

(71)出願人 000137694

株式会社ミットヨ

東京都港区芝5丁目31番19号

(72)発明者 石橋 渡

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号

株式会社ミットヨ開発研究所内

(72)発明者 鈴木 幹男

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号

株式会社ミットヨ開発研究所内

(72)発明者 堀川 俊朗

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号

株式会社ミットヨ開発研究所内

(74)代理人 弁理士 岩橋 祐司

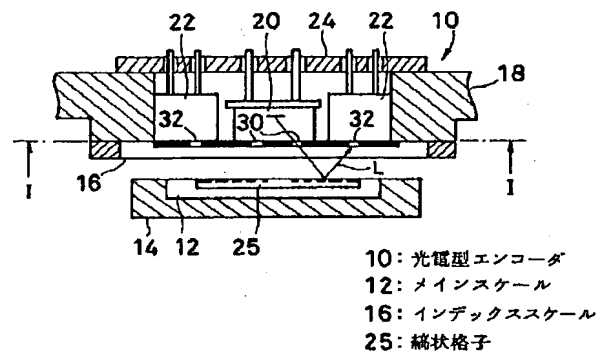
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光電型エンコーダ及びそれを用いた振動ジャイロ

(57)【要約】

【構成】 X軸方向とY軸方向とにそれぞれ平行な線状の透明面26と反射面28とが交互に繰り返してなる縞状格子25が形成されたメインスケール12と、前記メインスケール12に対し二次元方向に相対移動可能に平行配置されたインデックススケール16と、を備え、前記メインスケール12に形成された縞状格子25の中心から外側のピッチに向かうに従って、1ピッチ中の反射面28の占める割合が一定の比率で増加、或いは減少して形成されたことを特徴とする光電型エンコーダ10、及び前記光電型エンコーダを用いた振動ジャイロ。

【効果】 メインスケール12にX軸とY軸とにそれぞれ平行な透明面26と反射面28とからなり、中心から外側へのピッチにおける反射面28の比率の異なる縞状格子25を設けたので、簡易な構成でしかも広範囲のX、Y方向変位検出を行なうことが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 X軸方向とY軸方向とにそれぞれ平行な線状の透明面と反射面とが交互に繰り返してなる縞状格子が形成されたメインスケールと、前記メインスケールに対し二次元方向に相対移動可能に平行配置され、前記縞状格子へ光を出射する出射スリットと、前記縞状格子を介した光が入射する入射スリットと、を有するインデックススケールと、前記インデックススケールの出射スリット形成位置の裏面に設けられた発光素子と、前記インデックススケールの入射スリット形成位置の裏面に設けられた受光素子と、を備え、前記メインスケールに形成された縞状格子の隣接する透明面と反射面とを合せた1パターンのピッチにおいて、メインスケールの中心のピッチから外側のピッチに向かって、1ピッチ中の反射面の占める割合が一定の比率で増加、或いは減少して形成されたことを特徴とする光電型エンコーダ。

【請求項2】 ベースに立設された振動手段と、前記振動手段にX軸方向の振動力を印加する加振手段と、前記振動手段のX軸方向及びY軸方向への変位を検出する変位検出手段と、前記変位検出手段のX軸方向への変位量より、前記振動手段の振動制御を行なう振動制御手段と、前記変位検出手段のY軸方向への変位量より、角速度を演算する角速度演算手段と、を備えた振動ジャイロにおいて、前記変位検出手段として前記請求項1記載の光電型エンコーダを用いたことを特徴とする振動ジャイロ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光電型エンコーダ及びそれをを用いた振動ジャイロ、特に2次元方向の変位を検出可能な光電型エンコーダ、及び強制振動された振動手段の振動方向と直交する方向に働くコリオリの力による該振動手段の変位を、前記光電型エンコーダより検出し、角速度を求める振動ジャイロの改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】各種測定機、工作機械、更に最近では各種情報機械等で、相対移動する二つの部材の変位量を検出するために各種エンコーダが用いられている。例えば、各種の運行制御装置等において傾斜角を測定するための傾斜角センサや、地震等の振動を検知し、エレベータ等の運行を適切に制御してその安全を確保するための振動センサ、或いは自動車等の適正な移動状態を保持し、急加速や急減速時のスリップ防止等のための加速度センサ等にもエンコーダが利用されているのである。そして、現在エンコーダとして、非接触で変位量検出が必要などから光電型エンコーダが汎用されている。こ

の光電型エンコーダは、相対移動するそれぞれの部材にメインスケール、インデックススケールを設け、例えばインデックスに設けられた出射スリットを介してメインスケールに光を照射し、更にメインスケールに設けられた透過面と反射面からなる格子を介した光を受光器にて受光し、その位相変化等から前記部材の相対移動量を検出するものである。

【0003】一方、近年においてジャイロが、自家用自動車のナビゲーションシステム等にも使用され注目されている。前記ナビゲーションシステムは、ジャイロの出力を積分して方位を決定し、かつ移動速度を積分して移動距離を求め、方位及び移動距離に基づいて現在位置を把握するものである。そして、前記方位の決定においても前記光電型エンコーダが利用されている。すなわち、振動ジャイロは、振動している物体に回転角速度を加えると、その振動と直角方向にコリオリの力が働く現象を応用したものであり、振動子を一定方向に振動させ、前記回転角速度による振動子の振動方向と直交する方向への変位量を前記光電型エンコーダにより検出するものである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の一般的な光電型エンコーダは、直線変位或いは回転変位を一次的に測定するのみであり、二次元方向に相対移動する2つの部材間の相対変位を単一のエンコーダで検出することはできないものであった。本発明は前記従来技術の課題に鑑みなされたものであり、その目的は構成が簡単であり、しかも広範囲の二次元方向変位の検出を単一のエンコーダで行なうことのできる光電型エンコーダを提供することにある。さらに、前記ナビゲーションシステム等に用いられる振動ジャイロは、光電型エンコーダにおける変位量の検出誤差が、方位の誤差として累積されてしまう。このため、本発明の目的は、極めて高精度で変位検出可能な光電型エンコーダを用いた、小型、低価格の振動ジャイロを提供することにある。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために請求項1記載の光電型エンコーダは、X軸方向とY軸方向とにそれぞれ平行な線状の透明面と反射面とが交互に繰り返してなる縞状格子が形成されたメインスケールと、前記メインスケールに対し二次元方向に相対移動可能に平行配置され、前記縞状格子へ光を出射する出射スリットと、前記縞状格子を介した光が入射する入射スリットと、を有するインデックススケールと、前記インデックススケールの出射スリット形成位置の裏面に設けられた発光素子と、前記インデックススケールの入射スリット形成位置の裏面に設けられた受光素子と、を備え、前記メインスケールに形成された縞状格子の隣接する透明面と反射面とを合せた1パターンのピッチにおいて、メインスケールの中心のピッチから外側のピッチに向か

うに従って、1ピッチ中の反射面の占める割合が一定の比率で増加、或いは減少して形成されたことを特徴とする。

【0006】また、請求項2記載の振動ジャイロは、ベースに立設された振動手段と、前記振動手段にX軸方向の振動力を印加する加振手段と、前記振動手段のX軸方向及びY軸方向への変位を検出する変位検出手段と、前記変位検出手段のX軸方向への変位量より、前記振動手段の振動制御を行なう振動制御手段と、前記変位検出手段のY軸方向への変位量より、角速度を演算する角速度演算手段と、を備えた振動ジャイロにおいて、前記変位検出手段として前記請求項1記載の光電型エンコーダを用いたことを特徴とする。

【0007】

【作用】本発明にかかる光電型エンコーダは前述したようにメインスケールにX軸とY軸方向にそれぞれ平行な線状の透明面と反射面とからなる縞状格子が形成されているため、X軸方向及びY軸方向の2次元方向の変位を一つのエンコーダで検出することができる。すなわち、前記縞状格子が中心のピッチから外側のピッチに向かうに従って、1ピッチ中の反射面の占める割合が一定の比率で増加、或いは減少して構成されているため、ピッチ幅及び増加或いは減少する反射面の比率を調整することにより、変位量に応じ受光素子による受光量が前記比率に対応して変化するため、ダイナミックレンジの大きなアナログ信号による変位検出が可能となり、回路構成がシンプルで高感度、高精度の安価な光電型エンコーダを得ることが可能となる。さらに、振動ジャイロに前記光電型エンコーダを変位検出手段として用いることにより、極めて正確な角速度検出を行なうことができる。

【0008】

【実施例】以下、図面に基づき本発明の好適な実施例を説明する。図1には、本発明の一実施例にかかる光電型エンコーダの基本構成を示す縦断面図が示されており、また図2には図1に示す1-1線での断面図が示されている。同図において、光電型エンコーダ10は、そのメインスケール12が移動部材14に設けられ、又インデックススケール16が移動部材18に設けられている。そして、移動部材14、18の相対移動量を検出するものである。インデックススケール16の図1中上面には、一個の発光素子20及び四個の受光素子22a、22b、…22dが配置されている。発光素子20及び各受光素子22のリード線は、プリント基板24に固定されている。

【0009】前記メインスケール12には、図3に示す縞状格子25が形成されており、該縞状格子25は、中央に透明面26が設けられ、該透明面26から外側に向けて、X軸とY軸方向とにそれぞれ平行な2組の平行線からなるロ字状のクロム蒸着反射面28と透明面26とが交互に繰り返して形成され構成されている。また、前記

ロ字状の一つの透明面26と該透明面26の外側に隣接する一つの反射面28を1パターンとし、該1パターンのピッチ $P_1 \sim P_n$ が同一に形成されている。さらに、図4に示すようにロ字状の反射面28の面積は、内側から外側に向けて単調増加しており、従って前記1パターンのピッチ $P_1 \sim P_n$ における反射面28の占める割合も内側から外側に( $P_1$ から $P_n$ )に向けて一定比率で増加している。

【0010】一方、インデックススケール16は、図5に示すようにクロム蒸着面が形成されたガラス板よりなり、該クロム蒸着面の前記発光素子20の対応位置にはY軸に平行な出射スリット30a、30b及びX軸に平行な出射スリット30c、30dが設けられている。さらに前記クロム蒸着面の前記受光素子22a、…22dのそれぞれの対応位置である前記各出射スリット30の外側には、入射スリット32a、32b、32c、32dが形成されている。このため、発光素子20から出射した光Lは、例えば二次光源となる出射スリット30aを介して出射し、メインスケール12の縞状格子25の内、Y軸方向に平行な透過面26aと反射面28aの縞状で一部反射され、入射スリット32aを介して受光素子20aに受光される。すなわち、メインスケール12の縞状格子25上に照射された光の内、透明面26に照射された光は反射されず、反射面28に照射された光のみが反射して入射スリット32a方向に進行する。

【0011】そして、前記縞状格子25は、前述したように透明面26と反射面28の1パターンのピッチ $P_1 \sim P_n$ における反射面28の占める割合が内側から外側に向けて一定比率で増加しているため、前記光Lが照射する位置が縞状格子25の外側にいく程、反射される光が増し、受光素子20での受光量も増大する。すなわち、メインスケール12のX方向位置は受光素子22aの受光量に反映することとなるため、受光量変化を検出することによりメインスケール12のX方向変位を把握することができることとなる。なお、受光素子22a、22bの出力は図6に示す回路により差動増幅された電圧出力とされる。

【0012】すなわち受光素子22a、22bはそれぞれフォトトランジスタよりなり、そのフォトトランジスタ22aの電流出力 $I_a$ は、並列接続されたオペレーションアンプ40及び半固定抵抗42よりなる電流・電圧変換アンプ44により電圧変化として出力される。また、フォトトランジスタ22bの電流出力 $I_b$ は、同様の構成を有する電流・電圧変換アンプ46により電圧変化として出力される。各フォトトランジスタ22a、22bの電流出力 $I_a$ 、 $I_b$ は図7に示すように逆位相であることから、並列接続された抵抗48及びオペレーションアンプ50よりなる差動増幅アンプ52により差動増幅することで、図8に示すような電圧出力 $V_{out}$ を得ることができる。

【0013】なお、同様に、Y軸方向の変位に対しても、縞状格子25のX軸方向に平行な透明面26bと反射面28b、出射スリット30c、30d、入射スリット32c、32d、受光素子22c、22dが作用し、優れたリニアリティを有した状態でY軸方向へのメインスケール12の変位を検出することができる。ここで、前記X軸及びY軸方向のメインスケール12の変位量の

検出感度、及び検出可能な変位範囲は、縞状格子25の透明面26と反射面28の1パターンのピッチ幅、及びロ字状の反射面28の内側から外側に向けての面積の増加量によって変化する。表1及び表2には、前記1パターンのピッチ幅を変えた例が示されている。

【表1】

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	.....	P <sub>n-2</sub>	P <sub>n-1</sub>	P <sub>n</sub>
反射面線幅 (μm)	2	4	6	.....	46	48	50
透明面線幅 (μm)	48	46	44	.....	4	2	0
反射面の比率 (%)	4	8	12	.....	92	96	100

【表2】

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	.....	P <sub>n-2</sub>	P <sub>n-1</sub>	P <sub>n</sub>
反射面線幅 (μm)	2	4	6	.....	96	98	100
透明面線幅 (μm)	98	96	94	.....	4	2	0
反射面の比率 (%)	2	4	6	.....	92	96	100

【0014】表1の縞状格子25においては、前記1パターンのピッチ幅を50μmとし、反射面28を形成するクロム線幅を内側から外側へ1ピッチ当り2μmづつ増加させている。従って、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのピッチ数は25となり、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さは1250μm (1.25mm)となる。また、表2の縞状格子25においては、前記1パターンのピッチ幅を100μmとし、反射面28を形成するクロム線幅を内側から外側へ1ピッチ当り2μmづつ増加させている。従って、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのピッチ数は50となり、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さは5000μm (5mm)となる。

【0015】表1の例は、ピッチ幅を表2の例に比べ1/2と短くし、クロム線幅の1ピッチ当りの増加量は表2の例と同一としているため、内側から外側への1ピッチ中に占める反射面28の比率の増加は、表2の例と比較し表1の例の方が大きくなる。従って、同一変位量においては、表1の例のように1パターンのピッチ幅を短くする程、反射率が急激に変化するので検出感度は向上する。なお、前記表1及び表2においては、1パターンのピッチ幅を変えたが、反射面28を形成するクロム線幅の1ピッチ当りの増加量を増やしても同様に反射率の変化は大きくなり検出感度は向上する。すなわち、1パターンのピッチ幅、及び反射面28の1ピッチ当りの増

加量 (=ピッチ数) によって決定されるピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さが短い程、反射率が大きく変化し検出感度は向上することとなる。従って、表1及び表2の例においては、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さの比が1.25mm:5mm=1:4であり、ピッチ幅を100μmとした表2の例に比べピッチ幅を50μmとした表1の例の方が約4倍の検出感度を得ることができる。

【0016】一方、前記ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さを長くすれば検出感度は下がってしまうが、当然変位検出可能な位置範囲 (前記図8に示す-P<sub>x</sub>～+P<sub>x</sub>) は広くなる。すなわち、メインスケール12の変位を検出できる位置範囲は、透明面26及び反射面28により形成されている縞状格子25に対応する範囲となるため、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さが1.25mmである表1の縞状格子25に比べ、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さが5mmである表2の縞状格子25の方が4倍の位置範囲においてメインスケール12の変位検出が可能となる。

【0017】以上のように、前記縞状格子25のピッチ幅、及び反射面28の1ピッチ当りの増加量を調節し、ピッチP<sub>1</sub>～P<sub>n</sub>までのトータルの長さを適切な値に設計することにより、幅広いダイナミックレンジを得ることができ、メインスケール12の相対移動量の大きさに対

応した位置範囲において、高感度、高精度で変位検出が可能となる。なお、前記光電型エンコーダ10は、例えば、地震計、傾斜計、加速度計、或いは後述する振動ジャイロ等のセンサとして用いることが好適であり、それぞれのセンサに必要な変位量の大きさに適応した光電型エンコーダ10を用いることにより、地震の振動・震源方向、傾斜角、加速度、或いは角速度等を高感度、高精度で検出測定することが可能となる。

【0018】また、本実施例にかかる光電型エンコーダ10は、縞状格子25を介した光量の変化による電圧値を測定し、該電圧値のアナログ信号からメインスケール12の変位検出をしているため、回路がシンプルで小型、安価な光電型エンコーダを得ることが可能となる。なお、本実施例においては、反射面28の面積を内側から外側へ単調増加させた縞状格子25の構成としたが、該面積を内側から外側へ単調減少させても可能である。また、本実施例においては、透明面26と反射面28からなる1パターンのピッチ幅を同一とし、前記反射面28の面積を内側から外側に向けて単調増加させたが、必ずしも前記ピッチ幅を同一とする必要はなく、例えばピッチ幅を内側から外側に向けて広げた場合、1ピッチ中の反射面28の占める割合（反射面28による反射率）が一定の比率で増加するように1ピッチ中の反射面28の面積を増加させればよい。

【0019】次に、前記図1に示す光電型エンコーダを変位検出手段として用いた一実施例にかかる振動ジャイロについて説明する。図9には本発明の一実施例にかかる振動ジャイロが示されており、同図（A）は側断面図、（B）は正面断面図である。なお、前記図1と対応する部分には符号100を加えて示し説明を省略する。同図に示す振動ジャイロ60は、ベース62と、該ベース62に立設した振動手段としての振動子64と、振動子64を振動させる加振手段66と、光電型エンコーダよりなる変位検出手段110とを備える。そして、ベース62には筒状のハウジング68が設置され、該ハウジング68はその上端で変位検出手段110を支持している。前記振動子64は丸棒状に形成され、X方向及びY方向の共振周波数は略同一である。そして、振動子64の上端には可動スケール112が設けられている。

【0020】また、加振手段66は、ドーナツ状に形成された磁石板70と、前記振動子64の軸芯と同軸上に軸芯を有するように円筒状に巻回された励振コイル72とを有している。そして、前記ドーナツ状の磁石板70は、その中央の穴が振動子64の先端側に嵌合されている。また、前記円筒状の励振コイル72は、その中央部内面が前記ドーナツ状の磁石板70の外周と近接するように配置され、ハウジング68の内壁に固定されたコイルボビン74に巻回している。さらに、前記振動子64に嵌合された磁石板70は、該磁石板70の平面断面図である図10に示すように振動子64の軸芯を通るY軸

によってN極とS極とに分れている。

【0021】本実施例にかかる振動ジャイロ60は概略以上のように構成され、次に図11～図13により本発明の加振手段66及び角速度の検出機構を説明する。まず、図11に示す励振コイル72を所定の周期の正弦波で励磁させると（図12（A））、励振コイル72の軸芯、即ち振動子64の軸芯と平行に磁界が発生する。そして、前記磁界の極の方向は、励振コイル72に流す電流の方向によって決定される。即ち、図11に示す励振コイル72の巻始め側から巻終り側へと順方向に電流を流すと、励振コイル72の図中上側にN極が、下側にS極が発生する。又、逆に励振コイル72の巻終り側から巻始め側へと逆方向に電流を流すと、励振コイル72の図中上側にS極が、下側にN極が発生する。

【0022】そして、図11に示すように磁石板70の例えば図中右側にN極、左側にS極が位置した場合、前記励振コイル72に順方向の電流を流すと、前述したように図中上側にN極が、下側にS極が発生するため、磁石板70のS極である左側には上側に引上げる力が、逆にN極である右側には下側に押し下げる力が夫々発生する。また、励振コイル72に逆方向の電流を流すと、前述したように発生する磁界の極の方向が反対となるため、磁石板70のS極である左側には下側に押し下げられる力が、N極である右側には上側に引上げる力が発生する。このため、前記磁石板70に発生する上側に引上げられる力を $+F_m$ 、下側に押し下げられる力を $-F_m$ とし、振動子64の軸芯からドーナツ状磁石板70の幅の中心点までの距離を $l$ とすると、振動子64は、 $M = 2 F_m l$ （ $M$ ：曲げモーメント）

の曲げモーメントを受けることとなる。従って、図12（A）に示すように振動子64の共振状態での振動波に同期して、図11に示す励振コイル72の巻始め側から巻終り側へと順方向に、次に巻終り側から巻始め側へと逆方向に、交互に励振コイル72へ電流を流すことによって発生する、前記曲げモーメントにより振動子64が加振されることとなる（図12（B））。

【0023】以上のように励振コイル72へ電流を流すことによって振動子64を加振させ、さらに励磁周期を調整し、振動子64の共振周波数 $f$ でX軸方向に振動させる。そして、前記強制振動させている振動子64に例えば既知の角速度 $\omega_a$ を入力し、励振コイルの出力波形と、コリオリの力により発生するY軸方向の振幅の波形を比較し、共振周波数 $f$ や励振コイルの出力を微調整し、振動速度 $V_x$ が一定の大きさになるようにする（図12（C））。これに対し、未知の角速度 $\omega$ が入力されると、角速度 $\omega$ に対応するコリオリの力 $F_c$ がY軸方向に発生する（図12（D））。前述したように振動子64の共振周波数 $f$ は、X軸、Y軸方向ともに同じであるから、振動子はY軸方向にも振動する。

【0024】この結果、Y軸方向への振動の振幅を変位

検出手段110におけるY軸方向の変位検出電圧から測定することにより、コリオリの力、すなわち角速度 $\omega$ を検出することができるのである。次に前記振動子64のX軸方向の振動を制御するための振動制御手段について説明する。前述したように、角速度 $\omega$ が加わると、振動子64は図13に示すような軌跡を描く。一方、角速度 $\omega$ はY軸方向の速度 $V_y$ （速度最大点=Y軸振幅がゼロになる点）に比例する。また、 $V_y$ は、 $V_x$ （X軸方向速度）にも比例するため、 $V_x$ を一定に制御すれば角速度 $\omega$ は $V_y$ の変化のみに比例することとなる。ここで、振動子64の原点からの距離 $X$ 及び速度 $V_x$ はそれぞれ次の数1により示される。

【数1】 $X = P_x \cdot \sin 2\pi f \cdot t$   
 $V_x = dX/dt = 2\pi f \cdot P_x \cdot \cos 2\pi f \cdot t$   
 なお、 $P_x$ ：最大振幅、 $f$ ：周波数、 $t$ ：時間である。前記数1より、最大速度は $\cos 2\pi f \cdot t = 1$ 又は $-1$ の時に、 $V_x = 2\pi f \cdot P_x$ となる。ここで、振動子64をその共振周波数 $f$ で振動させ、かつ振幅 $P_x$ が常に一定になるように制御する必要がある。

【0025】そこで本実施例においては、自励振制御機構を採用し、図14に示すように振動波検出手段80及び加振制御手段82を設けており、該振動波検出手段80として前記図1に示す光電型エンコーダ110のX軸エンコーダ110a、X軸プリアンプ152を、また加振制御手段82として移相器84、自動制御利得回路（AGC）86及び増幅器88を備えている。そして、X軸エンコーダ110aにより振動子64のX方向への振動状態を検出し、X軸エンコーダ110aの出力をX軸プリアンプ152により増幅して、移相器84により適正な位相に変移され、振動子64を振動させる同期と必要な大きさを得るため、増幅器88に入力される。また、X軸プリアンプ152の出力はAGC86にも入力され、この正弦波の振幅を検出して振動子64の加振に必要な利得を増幅器88に指示する。

【0026】そして、増幅器88は所望の加振利得で、かつ振動子64の共振状態に同期して、前記加振手段66に加振制御が行なわれる。また、本実施例にかかる角速度演算手段90は、Y軸変位検出手段92から得られるY軸変位量を用いる。そして、本実施例にかかるY軸変位検出手段92は、前記図1に示す光電型エンコーダ110のY軸エンコーダ110b、Y軸プリアンプ154とを備えている。そして、Y軸エンコーダ110bにより検出されたY方向振幅の信号はY軸プリアンプ154で増幅された後、角速度演算手段90に入力される。ここで、角速度 $\omega$ はY方向振幅に比例するから、角速度演算手段90において、係数 $A$ を適当に調整し、乗算することにより乗算値は角速度 $\omega$ となる。

【0027】また、本実施例ではAGC86の出力を係数 $A$ として角速度演算手段90へ入力し、補正を行うようにしているので、より正確な角速度出力を行うことが

できる。さらに積分演算器により積分を行えば、角度出力を得ることができる。以上のようにして本実施例にかかる振動ジャイロによれば、振動子64の共振状態に同期して、該振動子64の振幅が一定になるように制御することができる。また、本実施例においては、振動制御及び角速度演算を光電型エンコーダ110からのアナログデータを基に行なっているので、回路構成が簡略化することができる。なお、本発明ではこのようにY軸方向の振幅を測定することにより角速度 $\omega$ を得ているので、例えば図15に示すように低周波外乱が重畳した場合にもその影響を受けにくい。

【0028】また、前記実施例においては磁石板の形状をドーナツ状としたが、図16（A）に示すように磁石板の断面の形状を中央に振動子が嵌合するための穴の開いた正四角形状、同図（B）に示す八角形状、或いは同図（C）に示す十字形状とすることも可能である。さらに、同図（C）に示すように磁石板の両端170a、170bのみを磁石とすることも可能である。磁石板はX軸方向とY軸方向の共振周波数が等しいこと、すなわちダイナミックバランスが等しいことが要求される。さらに、前記実施例においては磁石板のN極とS極とを振動子の軸芯を通るY軸で分け、励振コイルを励磁させることにより磁石板と励振コイル間に生じる曲げモーメントによって振動子を加振させているが、図17に示すように磁石板のN極とS極とを振動子の軸芯を通るY軸、及び磁石板の中心を通る水平線によってそれぞれ接する部分を異極となるように分け、励振コイルを励磁させることにより生じる磁力、すなわち磁石板と励振コイル間のX軸方向への引きつけ、及び反発力によって振動子を加振させることも可能である。

【0029】また、前記実施例においては加振手段を振動子の先端側に設けたが、図18に示すように振動子の固定側に設けることも可能である。図19には本発明の他の実施例にかかる振動ジャイロが示されており、同図（A）は側断面図、（B）は正面断面図である。尚、前記図9と対応する部分には同一符号を付し、説明を省略する。本実施例において、加振手段66は、ドーナツ状に形成され外側と内側とに夫々N極とS極とに分極された磁石板70と、前記振動子64の軸芯に対し直交線上、かつ前記磁石板70の円周方向線上に軸芯を有するように円筒状に巻回された励振コイル72a、72bとを有している。そして、前記磁石板70は、振動子64の先端側に嵌合されている。また、前記励振コイル72a、72bは夫々の開口部を対向し、かつ前記磁石板70に近接して配置されており、ハウジング68に嵌合されたコイルボビン74a、74bに夫々巻回している。本実施例にかかる振動ジャイロ60は概略以上のように構成され、次に図20～図21により本実施例の加振手段66を説明する。まず、図20に示す励振コイル72a、72bを所定の周期で励磁させると、励振コイル7

2 a, 7 2 b の周囲に磁界が発生する。また、前記磁界の極の向きは励振コイル7 2 a, 7 2 b に流す電流の向きにより決定される。そして、前記磁石板7 0側の磁界の極を磁石板7 0の外側の極と異極にすれば磁石板7 0は励振コイル7 2 a, 7 2 b に引きつけられ、また同極にすれば磁石板7 0は励振コイル7 2 a, 7 2 b から押し離され、その繰返しにより振動子6 4を振動させることができる。

【0030】そこで、図21(A), (B)に示すように、振動子6 4の共振に同期して、励振コイル7 2 aと励振コイル7 2 bに夫々同一周期で順方向と逆方向となるように正弦波電流を交互にかつ互いに逆向きに流す。この場合、磁石板7 0の励振コイル7 2 aへの引きつけ(又は押し離し)と励振コイル7 2 bからの押し離し(又は引きつけ)が同時に行なわれるため、それぞれの励振コイル7 2 a, 7 2 bには、振動子6 4の振動に必要なエネルギーの1/2を加えればよい。

【0031】以上のように励振コイル7 2 a, 7 2 bに流す電流の方向と励振周期を調整し、振動子6 4の共振周波数fでX軸方向に強制振動させる(図21

(C))。なお、前記図19に示した実施例においては磁石板の極を内側と外側に分けたが、磁石板7 0の極を励振コイル7 2の軸芯と直交する中心線を境にN極及びS極を左右両側に分けても可能である。この場合、前記励振コイル2 6 a, 2 6 bに流す電流の方向は、互いに同じ方向となる。以上のように本発明にかかる振動ジャイロによれば、振動子6 4を極めてシンプルな構成とすることができ、圧電素子等の貼着も要求されないため、誤差を低減することができる。また、振動子とは非接触の光電型エンコーダを用いてX軸方向の振動の振幅を制御すると共に、同一のエンコーダを用いてY軸方向の振幅を検出し角速度 $\omega$ を得ているので、角速度 $\omega$ を高分解能、高精度で測定することができる。

#### 【0032】

【発明の効果】以上説明したように本発明にかかる光電型エンコーダによれば、メインスケールにX軸とY軸方向とにそれぞれ平行な線状の透明面と反射面からなり、中心から外側へのピッチにおける反射面の比率の異なる縞状格子を設けたので、簡易な構成でしかも広範囲のX, Y方向変位検出を行なうことが可能となる。また、前記光電型エンコーダを用いた振動ジャイロによれば、正確なY方向の変位検出により、精度の高い角速度検出が可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例にかかる光電型エンコーダの概略構成の説明図である。

【図2】図1に示す光電型エンコーダの発光素子及び受光素子の配置の説明図である。

【図3】図1に示す光電型エンコーダのメインスケールに形成された縞状格子の説明図である。

【図4】図3に示す縞状格子の反射面の位置による面積変化の説明図である。

【図5】図1に示す光電型エンコーダのインデックススケールの説明図である。

【図6】図1に示す光電型エンコーダの受光素子からの信号の差動増幅回路の構成説明図である。

【図7】、

【図8】図6に示した回路による信号処理状態の説明図である。

【図9】本発明の一実施例にかかる振動ジャイロの構成説明図である。

【図10】、

【図11】、

【図12】、

【図13】図9に示した振動ジャイロの加振手段及び角速度検出機構の説明図である。

【図14】図9に示した振動ジャイロの振動制御手段及び角速度演算手段の説明図である。

【図15】図9に示した振動ジャイロへの低周波外乱の影響の説明図である。

【図16】磁石板の形状例の説明図である。

【図17】磁石板の分割例の説明図である。

【図18】加振手段の設置位置の例の説明図である。

【図19】本発明の他の実施例にかかる振動ジャイロの構成説明図である。

【図20】、

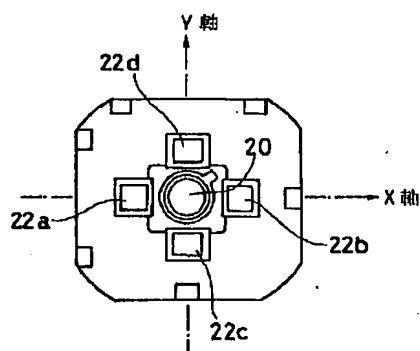
【図21】図19に示した振動ジャイロの加振手段の説明図である。

#### 【符号の説明】

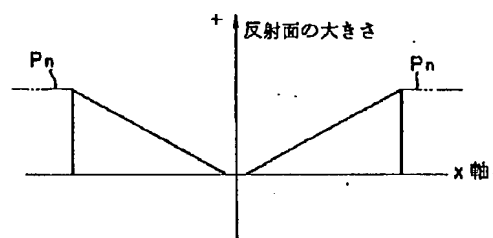
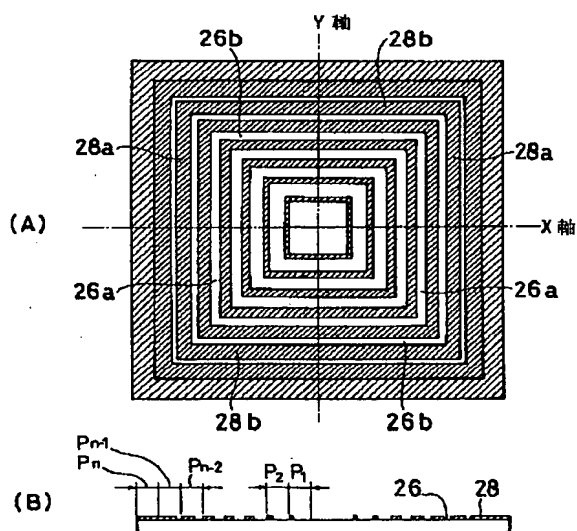
- 10 … 光電型エンコーダ
- 12 … メインスケール
- 16 … インデックススケール
- 25 … 縞状格子
- 26 … 透明面
- 28 … 反射面
- 30 … 出射スリット
- 32 … 入射スリット



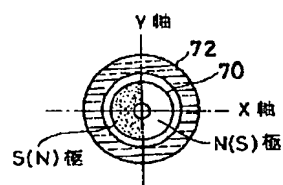
【図 2】



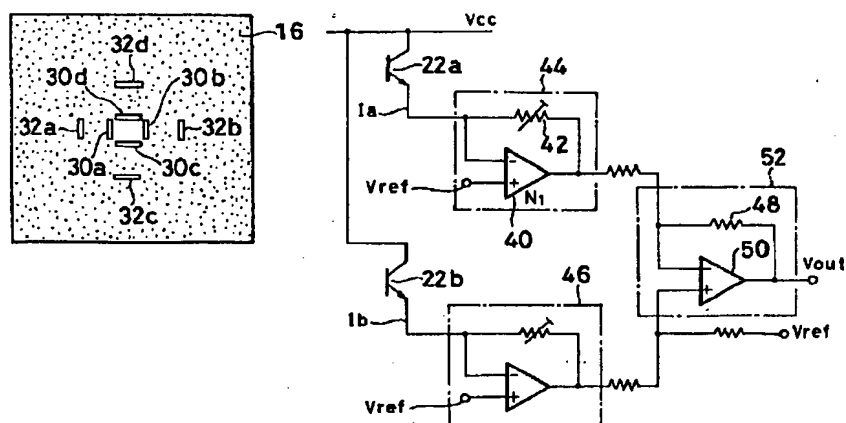
【図 4】



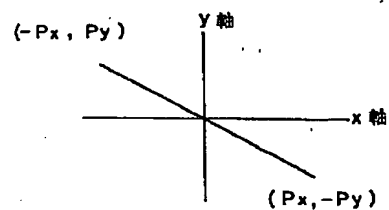
【図 10】



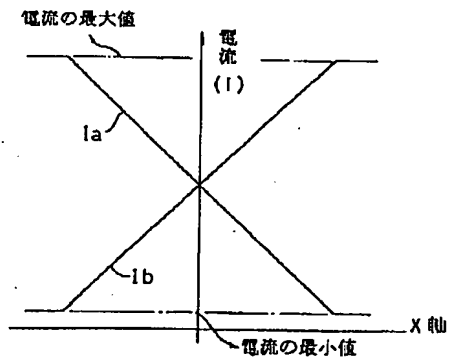
【図 6】



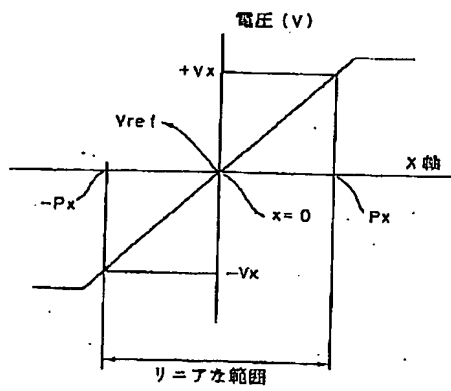
【图 1 3】



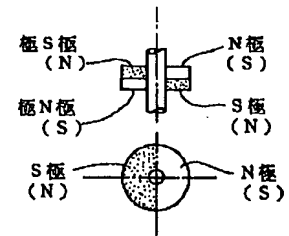
【図7】



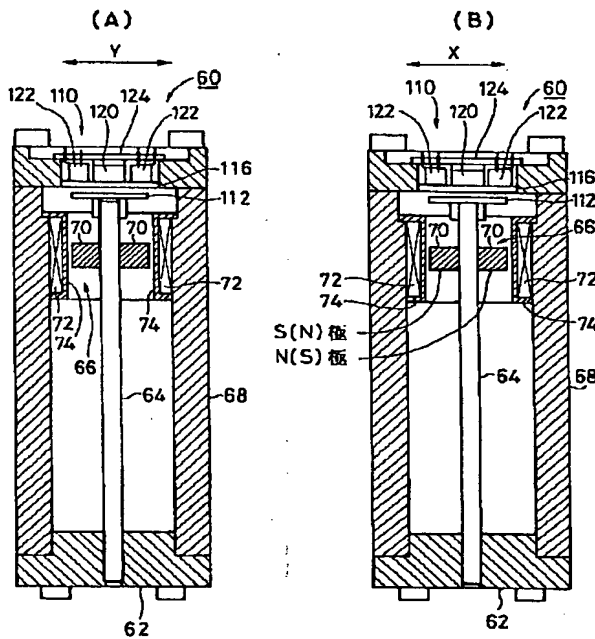
【図8】



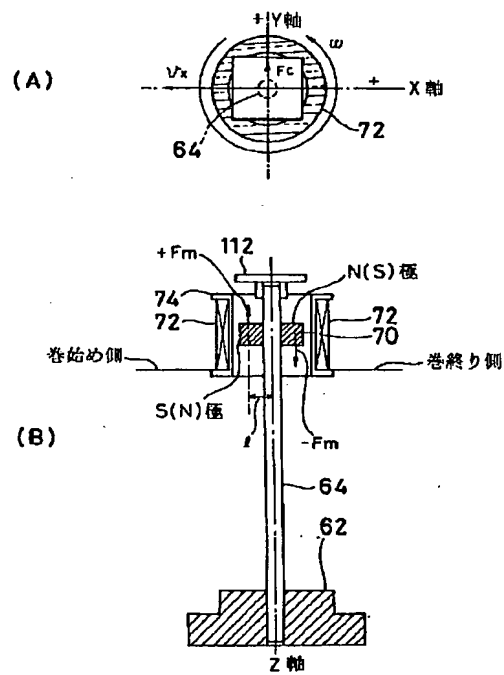
【図17】



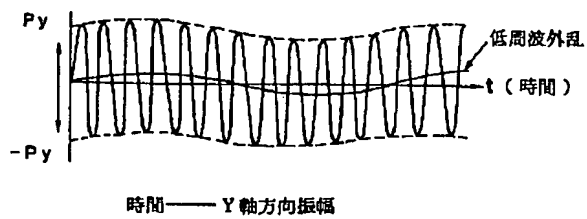
【図9】



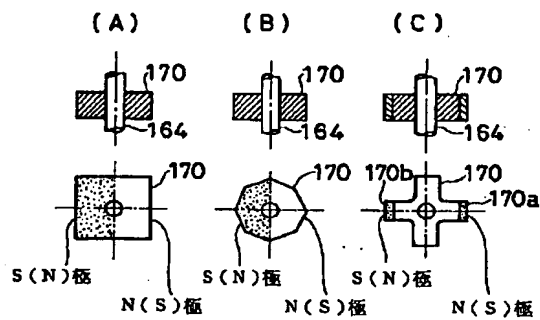
【図11】



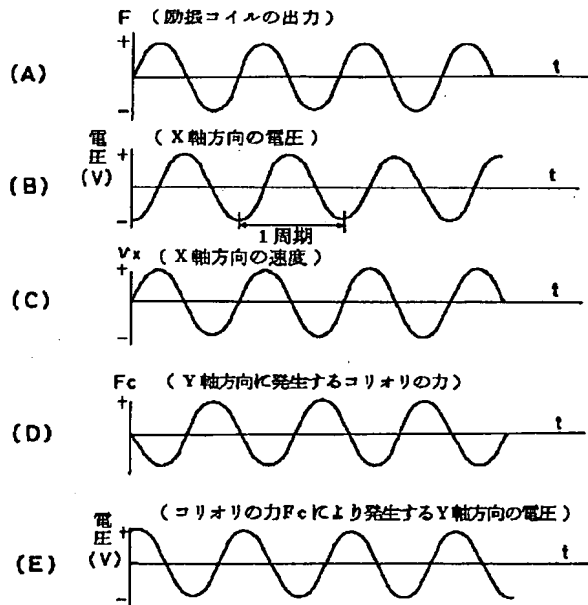
【図15】



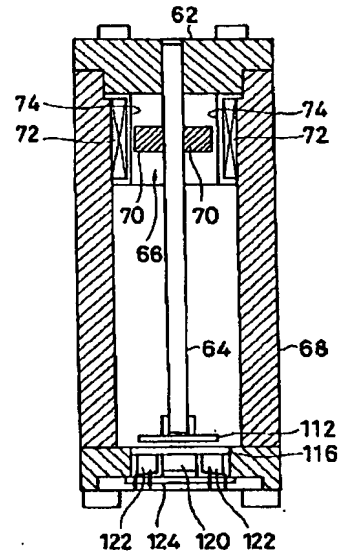
【図16】



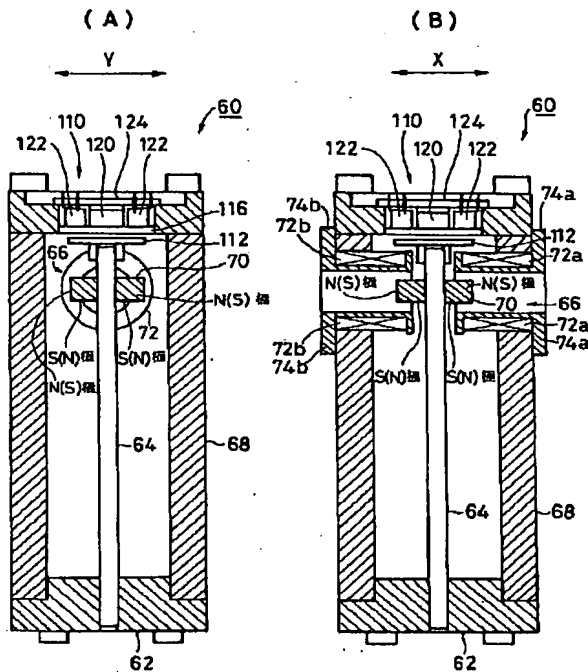
【図12】



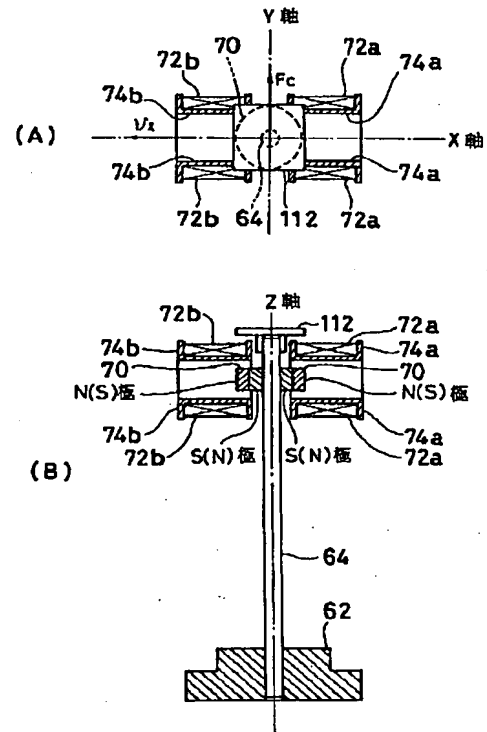
【図18】



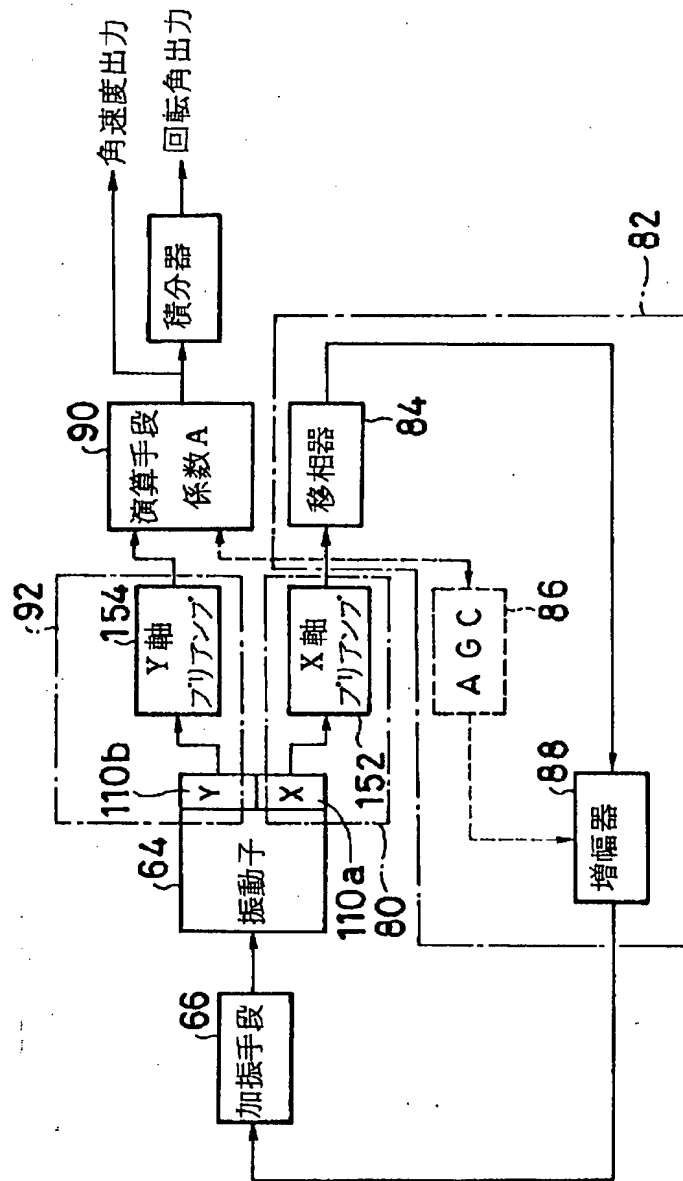
【図19】



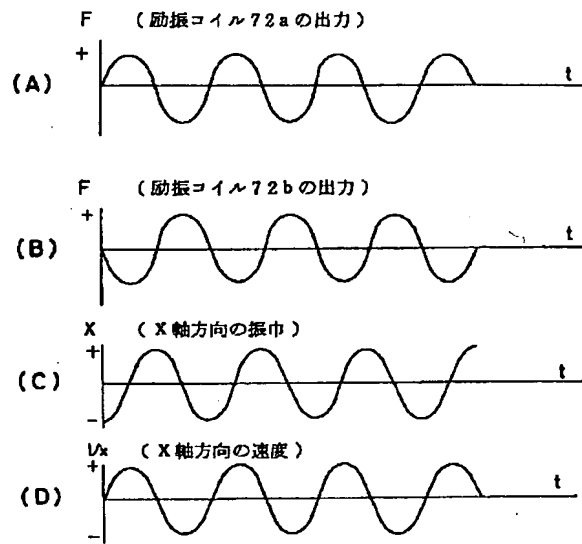
【図20】



【図14】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 市川 宗次  
 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号  
 株式会社ミットヨ開発研究所内